Mot. Behav, 2024, 16(55): 17-34, Doi: 10.22089/mbj.2020.8028.1833

Motor Behavior

Journal hompage: https://mbj.ssrc.ac.ir

Original Article

Effect of the Combination of Transcranial Direct Current Stimulation and Point Light Modeling on Performance of Basketball Free Throws in Skilled Basketball Players

Zahra Naghizadeh[1], AhmadReza Movahedi[2], Mehdi Namazizadeh[3], Motahareh Mirdamadi[4]

1. Ph.D. Candidate of Human Motor Behavior, Department of Physical Education, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran
2. Professor, Department of Motor Behavior, College of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran
3. Associate Professor, Department of Physical Education, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran
4. Neurologist, Department of Psychiatry, College of medicine, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran

Received: 28/10/2019, Revised: 05/07/2020, Accepted: 24/07/2020

* Corresponding Author: Ahmadreza Movahedi, E-mail: armovahedi@yahoo.com, Tel: + 09131252711

How to Cite: Naghizadeh, Z; Movahedi, A. R; Namazizadeh, M; & Mirdamadi, M (2024). Effect of the Combination of Transcranial Direct Current Stimulation and Point Light Modeling on Performance of Basketball Free Throws in Skilled Basketball Players. *Motor Behavior*, 16(55), 17-34. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

The performance of sports skills is a fundamental aspect of a professional athlete's life. Researchers have long sought to identify factors that can enhance these skills. Effective methods for improving sports skills and athletic performance are crucial (1) and consistently remain a primary concern for coaches aiming to optimize athletes' abilities (2). Today, alongside the development and adaptation of training methods to enhance athletes' skill levels and performance, modern technologies are increasingly used to achieve peak performance. One such technology is transcranial direct current stimulation (tDCS), which directly impacts neuronal function in the human brain. tDCS modulates neural activity by delivering a constant, low-intensity direct current through electrodes placed on the head, influencing brain regions associated with skill and performance improvement. tDCS was initially developed to aid individuals with brain injuries or psychiatric conditions (3). Later, it was discovered that tDCS could enhance the performance of various tasks, including cognitive and motor tasks. Additionally, research has demonstrated that observing motor task performance through point-light modeling can effectively stimulate brain areas involved in movement planning and execution.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

This observation can increase neuronal activity and action potential in these regions, further enhancing motor skill performance (4). The effect of tDCS on motor tasks has primarily been examined in laboratory settings. Studying its impact on actual sports skills is essential, as the influence of tDCS on real-world athletic performance remains largely unexplored. Furthermore, to better understand how point-light modeling might integrate with tDCS, this study aimed to determine whether tDCS can improve the basketball free-throw performance of skilled basketball players.

Materials and Methods

Twenty-six skilled male basketball players were randomly assigned to either an experimental group (n = 13) or a sham group (n = 13). The participants' average age, height, and weight were 16.55 years, 184.96 centimeters, and 75.27 kilograms, respectively. No significant differences were observed between the two groups in terms of pretest task scores, height, or weight. All participants were skilled at the experimental task, right-handed, and unaware of the study's purpose. The experimental protocol was reviewed and approved by the Committee for Ethical Considerations in Human Experimentation at the University of Isfahan. Candidates were assessed against specific inclusion and exclusion criteria by a qualified physician. Eligible athletes for the study were required to be male and actively competing in formal basketball competitions. A medical examination screened participants, and those with a history of convulsions, acute or chronic headaches, or any other brain-related injuries or diseases were excluded. The intervention was administered over three sessions on three consecutive days. Sponge electrodes were used to deliver direct current to the pre-motor cortex with a current stimulator set to a maximum output of 10 mA. Both groups observed a point-light model showcasing the performance of two members of the national basketball team. After viewing the point-light model, participants in the experimental group received tDCS over their pre-motor cortex for 20 minutes before performing the task. Participants in the sham group completed the same tasks, but tDCS was only simulated for them without actual stimulation. After the tDCS protocol, both groups performed the basketball free throw task. Free throw performance was assessed at three points: pre-intervention, post-test (one day after intervention), and follow-up test (seven days post-intervention). Data analysis was conducted using a two-factor mixed-model ANOVA, along with independent and paired t-tests.

Results

Figure 1 illustrates the task scores for both groups across the intervention and testing phases. The data indicate that the experimental and sham groups exhibited differing levels of improvement in task performance.

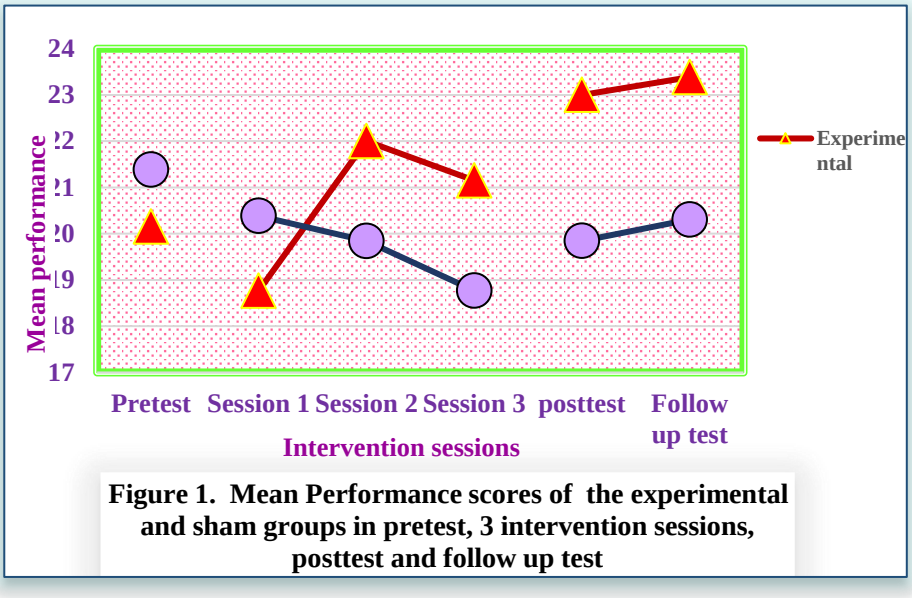


Figure 1. Mean Performance scores of the experimental and sham groups in pretest, 3 intervention sessions, posttest and follow up test

The results indicated that during the intervention phase, the ANOVA revealed no significant time effect, with F (1.61, 38.55) = 1.81 and p = 0.337. Additionally, the ANOVA assessing performance scores between groups across the three time points showed no significant group-by-time interaction, with F (1.61, 38.55) = 2.84 and p = 0.081. In the test phase, the ANOVA again showed no significant time effect, with F (2, 48) = 1.15 and p = 0.325. The ANOVA evaluating the performance scores between groups across the three time points revealed a significant group-by-time interaction, with F (2, 48) = 6.15 and p = 0.004. Post hoc testing within the experimental group showed a significant improvement in task performance from baseline to post-intervention and from baseline to follow-up ($p < 0.001$). In contrast, no significant changes were observed in the sham group.

Conclusion

According to the findings of the present study, it can be concluded that the direct current stimulation of the premotor cortex, along with the point-light modeling, significantly enhances basketball free throw performance. Therefore, tDCS can be regarded as a valuable intervention for improving free throw performance in skilled basketball players. The findings of the current study have several implications for athletics and clinical practice. Coaches are encouraged to consider the tDCS protocol as a means to help their athletes achieve optimal performance.

Keyword: Brain Stimulation, Premotor Cortex, Function, Free Throws, Basketball

رفتار حرکتی، بهار ۱۴۰۳، دوره ۱۶، شماره ۵۵، صص. ۳۴-۱۷. Doi: 10.22089/mbj.2020.8028.1833

رفتار حرکتی

Journal hompage: https://mbj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر ترکیب تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای و الگودهی با نقاط روشن بر اجرای مهارت پرتاب آزاد در بسکتبالیست‌های ماهر

زهرا نقی‌زاده[۱]، احمدرضا موحدی[۲]، مهدی نمازی زاده[۳]، مطهره میردادمادی[۴]

۱. دانشجوی دکترای رفتار حرکتی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲. استاد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳. دانشیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۴. پزشک متخصص اعصاب، گروه روان پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۶، تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۳

* Corresponding Author: Ahmadreza Movahedi, E-mail: armovahedi@yahoo.com, Tel: + 09131252711

How to Cite: Naghizadeh, Z; Movahedi, A. R; Namazizadeh, M; & Mirdamadi, M (2024). Effect of the Combination of Transcranial Direct Current Stimulation and Point Light Modeling on Performance of Basketball Free Throws in Skilled Basketball Players. *Motor Behavior*, 16(55), 17-34. In Persian.

چکیده

در حیطه مهارت‌های حرکتی و ورزشی، اثر تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای (tDCS) در جنبه‌های توصیفی و آزمایشگاهی مورد مطالعه قرارگرفته است. لازم است اثر این شیوه مداخله بر مهارت‌های واقعی ورزشی نیز بررسی شود. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر tDCS آندی بر اجرای مهارت پرتاب آزاد در بسکتبالیست‌های ماهر بود. روش پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح تکرار سنجش است. شرکت‌کنندگان ۲۶ نفر بسکتبالیست پسر ماهر بودند که به‌صورت تصادفی به دو گروه تجربی و ساختگی تقسیم شدند. این افراد به تعداد سه جلسه در سه روز متوالی تحت مداخله قرار گرفتند. هر دو گروه ابتدا الگوی نورانی مهارت پرتاب آزاد بسکتبال مربوط به دو بازیکن تیم ملی را مشاهده کردند. سپس گروه تجربی به مدت ۲۰ دقیقه تحت tDCS از روی جمجمه بر قشر پیش‌حرکتی قرار گرفتند و گروه ساختگی تحریک ساختگی دریافت نمودند. پس از دریافت tDCS، شرکت‌کنندگان هر دو گروه به اجرای مهارت ملاک پرداختند. پرتاب آزاد بسکتبال قبل از مداخله، پس‌آزمون و پیگیری به ترتیب پس از یک و هفت روز پس از مداخله انجام شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس مختلط دوعاملی، t مستقل و t همبسته استفاده شد. نتایج نشان داد که tDCS تفاوت اجرای بین گروهی در مرحله مداخله را نشان نداد، اما در مرحله آزمون باعث بهبود اجرای مهارت در گروه تجربی در برابر گروه ساختگی

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که tDCS ممکن است به‌عنوان یک مداخله مفید برای بهبود اجرای مهارت پرتاب آزاد در بسکتبالیست‌های ماهر مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژگان: تحریک مغزی، قشر پیش‌حرکتی، عملکرد، پرتاب پنالتی، بسکتبال

مقدمه

مهارت‌های ورزشی اصلی‌ترین بخش زندگی یک ورزشکار حرفه‌ای را تشکیل می‌دهد. محققان سال‌ها تلاش نموده‌اند تا عواملی که بر بهبود اجرای مهارت‌های ورزشی اثر می‌گذارند را مشخص کنند. بدین‌جهت، روش‌های کارآمد در آموزش مهارت‌ها و بهبود اجراهای ورزشی بسیار حائز اهمیت هستند (۱) و همواره از دغدغه‌های اصلی مربیان در بهبود آموزش مهارت‌های حرکتی بوده‌اند (۲). امروزه، علاوه بر توسعه و اصلاح روش‌ها برای به اوج رساندن سطح مهارتی و اجرای ورزشکاران، از فناوری‌های مدرن برای اهداف تخصصی نیز استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، اخیراً از امکانات و تجهیزات پیشرفته‌ای از قبیل تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه[۱](tDCS) ، تحریک مغناطیسی فرا جمجمه‌ای[۲] (tMS)، نوروفیدبک[۳] و بیوفیدبک[۴] برای تحریک قسمت‌هایی از مغز جهت تغییر در عملکرد و رفتار استفاده می‌شود. tDCS از روش‌های عصبی جدیدی است که در حیطه روان‌پزشکی و روانشناسی مطرح است. تحریک سلول‌های سیستم عصبی مرکزی اثر مستقیمی بر کارکرد و تقویت آن‌ها دارد. این تغییر در عملکرد سلول‌ها منجر به تغییر در رفتار و اعمال در سطوح بالای شناختی خواهد شد. چگونگی این اثر به محل تحریک سلول‌های عصبی، شدت تحریک و الگوی تحریک وابسته است. تحریک فرا جمجمه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم (tDCS)، تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای با جریان نویز تصادفی[۵] (tRNS) و تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای با جریان متناوب[۶] (tACS) ازجمله انواع تحریکات الکتریکی فرا جمجمه‌ای محسوب می‌شوند. در تمامی این روش‌ها، جریان الکتریکی بسیار ضعیفی توسط الکترودهایی که روی سطح سر قرار می‌گیرند بر روی نقاطی از قشر مغز اعمال می‌شود.

از بین روش‌های مختلف تحریک از روی جمجمه، تحریک مستقیم از روی جمجمه رایج‌ترین نوع تحریک الکتریکی فرا جمجمه‌ای است. در این روش، جریان الکتریکی (حداکثر تا ۲ میلی‌آمپر) بر نواحی خاصی از سر جهت درمان بیماری‌هایی ازجمله افسردگی، اضطراب، بی‌خوابی، فیبرومیالژی، سردردهای میگرنی، بازتوانی سکته مغزی، اختلالات تکلمی حاصل از سکته مغزی، پارکینسون، وزوز گوش، بیش‌فعالی کودکان و آسیب‌های ناشی از ضربه به سیستم عصبی مرکزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳). tDCS با اعمال تحریک الکتریکی از بیرون منجر به ایجاد پتانسیل عمل در سلول‌های عصبی می‌شود. سلول‌های عصبی که در حالت عادی و از درون قابلیت تحریک ندارند و یا قابلیت تحریک کم دارند، مورد تحریک قرارگرفته و دچار پتانسیل عمل و افزایش متابولیسم می‌شوند. با تحریک این سلول‌های عصبی با tDCS، میزان تحریک‌پذیری آن‌ها در مراحل بعدی افزایش می‌یابد و بنابراین منجر به بهبود عملکرد آن سلول‌های عصبی می‌شود (۴). از این ابزار در جهت تقویت

1. Transcranial Direct Current Stimulation
2. Transcranial Magnetic Stimulation
3. Neurofeedback
4. Biofeedback
5. Transcranial random noise stimulation
6. Transcranial Alternating Current Stimulation

حافظه، افزایش قدرت یادگیری و بهبود عملکرد مغزی (۴،۵)، نیز استفاده می‌شود. علاوه بر نقش‌های اعمال‌شده توسط تحریک مغز، این فناوری ارزشمند در سال‌های اخیر در حیطه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی نیز مورد توجه گرفته است. تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است. به‌عنوان مثال، استفاده از تحریک مستقیم فرا جمجمه‌ای در جهت درمان افراد با اختلالات هماهنگی رشدی[1] (DCD)، بهبود رشد حرکتی افراد سالم (۶،۷) و رشد مهارت‌های حرکتی ظریف و درشت در کودکان دارای اختلال طیف اتیسم (۱۰-۸) موثر بوده است. بسیاری از پژوهشگران دریافتند که تحریک مستقیم الکتریکی از روی جمجمه باعث بهبود و تسهیل اجرای حرکتی می‌شود. به‌عنوان مثال، تحریک آندی بر بهبود تعادل و عملکرد حرکتی تأثیرگذار بوده است (۱۱،۱۲). دانشمندان دریافته‌اند که با افزایش قابلیت تحریک نواحی قشر حرکتی اولیه[2] (M1) و قشر حرکتی تکمیلی[3] (SMA) قبل از یادگیری مهارت، باعث بهبود در اجرا و یادگیری، انطباق حرکتی، حفظ سطح مهارت‌های حرکتی (۱۱،۱۳،۱۴) و تسهیل در اکتساب مهارت‌های حرکتی ساده (۱۵) و پیچیده (۱۶) می‌شود. اندروز[4] و همکاران (۴) دریافتند که تحریک الکتریکی از روی جمجمه در ناحیه قشر پیشانی بر اجرا یک تکلیف برگشتی شناختی اثرگذار بوده است. مطالعه کاسکی[5] و همکاران (۱۷) نشان داد که تحریک الکتریکی از روی جمجمه بر قشر پیش‌حرکتی و حرکتی اولیه باعث بهبود کنترل حرکتی شده است. وید و هاموند[6] (۱۸) دریافتند که تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای بر روی قشر پیش‌حرکتی مغز، زمان واکنش را به هنگام اجرا یک آزمون رفتاری ترتیبی تسهیل می‌کند. آریاس[7] و همکاران (۱۹) به بررسی اثر (tDCS) بر قشر حرکتی اولیه بر یک تکلیف هدف‌گرای سریع بازو پرداختند که نتایج نشان‌دهنده کاهش زمان واکنش طی اجرای تکالیف حرکتی بود. شیرازی و همکاران (۲۰) دریافتند که تحریک الکتریکی قشر حرکتی اولیه بر بهبود اجرای مهارت دریبل فوتسال موثر بوده است. همچنین در تحقیق کان و چو[8] (۲۱) نشان دادند که تحریک الکتریکی در قشر حسی- حرکتی مغز باعث هماهنگی در اجرا یک تکلیف ضربه زدن ساده شد.

زیربناهای عصب‌شناختی احتمال تأثیر تحریک الکتریکی آندی مغز بر بهبود اجراهای حرکتی در تحقیقات انجام‌شده به عواملی از جمله تعدیل تحریک‌پذیری قشری-حرکتی، شکل‌پذیری قشری و همچنین پتانسیل‌های برانگیخته‌ی حرکتی که در ناحیه‌ی تحت الکترود آند تسهیل شده، اشاره شده است (۱۹،۲۲-۲۴). نقش tDCS در افزایش تحریک‌پذیری می‌تواند گسترده باشد. فعال‌سازی هم‌زمان سیناپسی که به‌واسطه تمرین حرکتی به وجود می‌آید، می‌تواند از طریق ویژگی سیناپسی[9] به پیشرفت‌هایی در عملکرد منجر شود. بنابراین tDCS آندی تحریک‌پذیری عصبی را در یک شبکه قشری گسترده افزایش داده است (۱۱). عبدالمولی[10] و همکاران (۲۵) بیان کردند در زمان اِعمال تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه بر روی منطقه حرکتی، هم‌زمان با این ناحیه، ناحیه حسی حرکتی نیز دچار تحریک شده است. از آنجایی که ناحیه حسی حرکتی وظیفه دریافت و پردازش اطلاعات و احساسات از محیط را بر عهده دارد، می‌توان این‌گونه برداشت کرد که احتمالاً آثار تحریک

1. Developmental Coordination Disorder
2. Primary motor cortex
3. supplementary motor area
4. Andrews
5. Kaski
6. Wade & Hammond
7. Arias
8. Kwon & Cho
9. Synaptic Specificity
10. Abdelmoula

جریان مستقیم جمجمه‌ای بر روی نواحی مجاور با تأثیرگذاری بر یکپارچگی حسی حرکتی، باعث بهبود اجرای حرکتی می‌شود.

در مطالعه رنییری[1] و همکاران (۲۶) نشان داد که تحریک الکتریکی آندی می‌تواند با افزایش فعالیت پیش‌سیناپسی همراه با دپولاریزه کردن پس‌سیناپسی[2] موجب مکانیسم پتانسیل بلندمدت[3] (LTP) شود. میدان الکتریکی ایجادشده توسط tDCS سبب جابه‌جایی مولکول‌های قطبی و بیشتر انتقال‌دهنده‌های عصبی و گیرنده‌ها در این نواحی مغزی می‌شود و یادگیری تکلیف حرکتی را با بهبود فعالیت این نواحی، افزایش می‌دهد. tDCS همچنین می‌تواند با ایجاد تغییرات عصبی-شیمیایی طولانی‌مدت، فعالیت نورونی را تحت تأثیر قرار دهد (۲۷).

سلول‌های عصبی فقط با ابزارهای الکتریکی از قبیل tDCS تحریک نمی‌شوند. پژوهشگران نشان داده‌اند که محرک‌های طبیعی و روزمره نیز سلول‌های عصبی مناطق خاصی از مغز را برانگیخته می‌نمایند. به‌عنوان یک نمونه مستند، دانشمندان دریافته‌اند که مشاهده اجرای یک تکلیف حرکتی با استفاده از الگودهی به روش نقاط نورانی می‌تواند مناطقی از مغز را که بیشتر در برنامه‌ریزی و تولید حرکت درگیر هستند، مثل منطقه حرکتی اولیه، منطقه پیش‌حرکتی و منطقه مکمل، برانگیخته نماید و منجر به ایجاد پتانسیل عمل و افزایش سطح فعالیت نورون‌های آن مناطق شود.

در روش الگودهی نقاط روشن، اطلاعات مربوط به ادراک حرکتی انسان از طریق کاهش نمایش بصری و مشخص نمودن بخشی از اندام در حال حرکت توسط نقاط روشن متصل بر مفاصل فراهم می‌شود. توالی‌های تصویری مهارت توسط مشاهده نقاط روشن می‌توانند به‌عنوان حرکات تصویری شناسایی شوند (۲۸). این یافته به‌نوعی دیدگاه شناختی بودن یادگیری مشاهده‌ای که توسط بندورا[4] ارائه‌شده است را تائید می‌کند. به اعتقاد او، یادگیری مشاهده‌ای پدیده‌ای کاملاً شناختی است که در جهت پردازش اطلاعات و فراگرفتن الگوی شناختی مهارت است و برای یادگیری به چهار مرحله توجه، یادداری، بازسازی و انگیزش تأکید شده است (۲۹).

شبکه‌های ارتباطی درگیر در عمل مشاهده نقاط نورانی شامل قشر پیش‌حرکتی[5]، لوب تحتانی آهیانه‌ای[6]، شیارهای گیجگاهی و ناحیه مکمل حرکتی با فرآیندهایی که در طول فعالیت بدنی درگیرند، همسو می‌شود (۳۲-۳۰). مطالعات تصویربرداری عصبی نشان داده‌اند که مناطق برآمدگی گیجگاهی فوقانی و شیارهای گیجگاهی فوقانی[7] (۳۶-۳۳)، قشر گیجگاهی میانی[8] (۳۴،۳۳)، قشر گیجگاهی جانبی[9] (۳۵) و قشر جداری[10] (۳۴،۳۳) در درک حرکات بیولوژیک نقاط روشن مشارکت دارند. همچنین تحقیقات نشان دادند که در هنگام مشاهده، مناطق حرکتی و پیش‌حرکتی مغز در درک حرکات بیولوژیکی واکنش نشان داده‌اند (۳۳،۳۷). با توجه به تحقیقات که نشان داده‌اند مشاهده حرکت منجر به تحریک بخش‌هایی از سیستم عصبی مرکزی می‌شود، پژوهشگران معتقدند که تحریک شدن این بخش‌ها باعث تقویت رفتار مشاهده شده می‌شود.

1. Ranieri
2. Postsynaptic Depolarization
3. Long-Term Potentiation
4. Bandura
5. Premotor Cortex
6. Inferior Parietal lobule
7. Superior temporal Gyrus and Superior Temporal Sulcus
8. Middle Temporal Cortex
9. Lateral temporal Cortex
10. Parietal Cortex

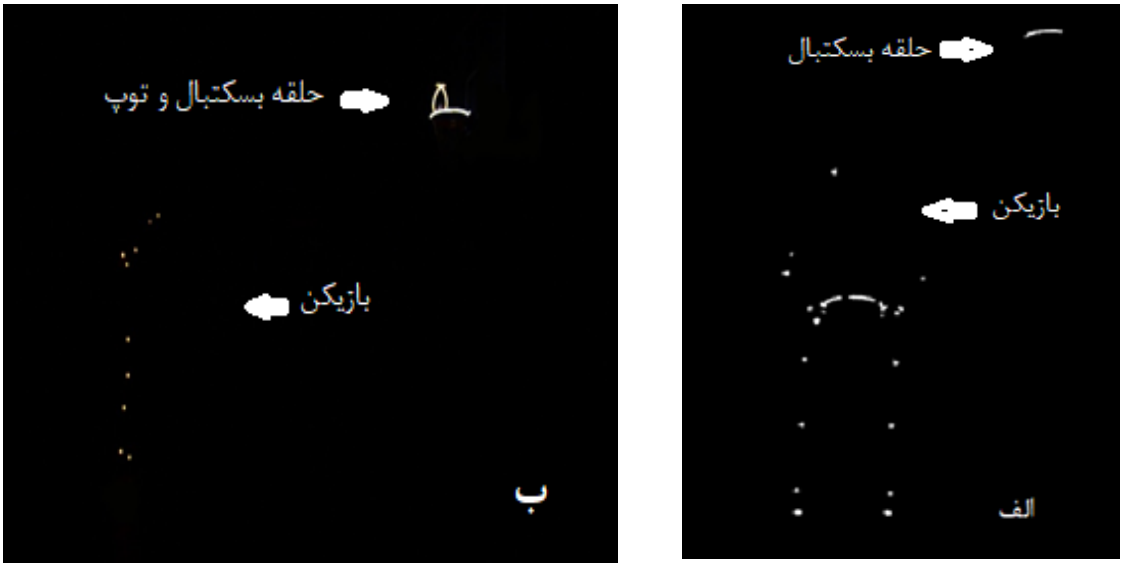
تعامل تحریک منطقه پیش‌حرکتی (PMA) حاصل از مشاهده نقاط نورانی که به‌صورت طبیعی صورت می‌پذیرد، با تحریک ساختگی آن منطقه با استفاده از فن‌آوری تحریک جریان مستقیم از روی جمجمه، موضوعی است که می‌تواند واقعیت‌های پایه و یا کاربردی در اجرای مهارت‌های ورزشی را آشکار نماید. همان‌طور که قبلاً عنوان شد، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که الگودهی به روش نقاط نورانی باعث تحریک قسمت پیش‌حرکتی در مغز می‌شود و همین موضوع باعث بهبود اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی شده است. همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نورون‌های آیینه‌ای در قشر پیش‌حرکتی مغز وجود دارند و این نورون‌ها در درک اعمال دیگران و یادگیری مشاهده‌ای نقش بسزایی دارند. سؤال اینجا است که اگر منطقه پیش‌حرکتی توسط تجهیزاتی از قبیل تحریک مستقیم از روی جمجمه تحریک شود و این تحریک با تحریک حاصل از الگودهی به روش نقاط نورانی جفت شود، آیا اجرای حرکتی بهتر از زمانی خواهد شد که فقط الگودهی به روش نقاط نورانی مورد استفاده قرار گیرد؟

درصورتی‌که در تحقیق حاضر مشخص شود که گروه دریافت‌کننده تحریک الکتریکی واقعی امتیازهای بهتری نسبت به گروه دریافت‌کننده تحریک ساختگی در مهارت‌های ملاک کسب نمایند، به این نتیجه می‌رسیم که احتمالاً تحریک الکتریکی بیرونی با تحریک حاصل از مشاهده نقاط نورانی تکلیف باهم جفت شده و منجر به بهبود اجرای مهارت می‌شود.

روش‌پژوهش

این مطالعه یک تحقیق نیمه‌تجربی با طرح تکرار سنجش با دو گروه ساختگی و تجربی بود. تعداد شرکت‌کنندگان در این پژوهش ۲۶ نفر بسکتبالیست پسر ماهر از هیئت بسکتبال استان اصفهان در رده سنی نوجوانان و جوانان بود که به‌صورت داوطلبانه و با توجه به شرایط شرکت در مطالعه در این پژوهش شرکت کردند. معیارهایی که برای ورود شرکت‌کنندگان به تحقیق در نظر گرفته شد شامل راست‌دست بودن آزمودنی و شرکت داشتن در مسابقات (کشوری و استانی) بود. معیارهایی که برای خروج شرکت‌کنندگان در نظر گرفته شد شامل سابقه تشنج‌های موضعی یا گسترده و سردردهای مزمن یا شدید بود. شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی و به روش همسان‌سازی گروه‌ها، به دو گروه تجربی (۱۳ نفر با میانگین‌های سن ۱۵/۹۴ سال، قد ۱۸۲/۹۲ سانتی‌متر و سابقه بازی ۵/۹۲ سال) و ساختگی (۱۳ نفر با میانگین‌های (سن ۱۷/۱۵ سال، قد ۱۸۷ سانتی‌متر و سابقه بازی ۶/۳۰ سال) تقسیم شدند. تمامی بازیکنان ماهر در رشته بسکتبال بودند. پیش از آغاز آزمون، از آن‌ها رضایت‌نامه کتبی و مشخصات فردی (سن، قد، وزن، سابقه بازی حرفه‌ای) گرفته شد. این پژوهش با کد اخلاق IR.IAU.KHUISF.REC.1398.036 توسط کمیته‌ی سازمان اخلاق در پژوهش‌های زیست‌پزشکی مورد تائید قرار گرفت.

تهیه الگوی نقاط روشن: برای تهیه فیلم اجرای آزمون مهارت پرتاب آزاد بسکتبال به روش الگودهی نقاط روشن، از دو تن از ورزشکاران اصلی تیم ملی بسکتبال ایران استفاده شد. بدین منظور، بدن ورزشکاران با لباس‌های تیره پوشش داده شد و مفاصل آن‌ها در قسمت‌های پیشانی، شانه، آرنج، مچ دست، روی دست، کمر، کشاله ران، زانو، مچ پا و روی پا با استفاده از چراغ‌های ال ای دی IKEA 22217 به پهنای ۱/۵ سانتی‌متر که به کش‌هایی به عرض ۱/۵ سانتی‌متر متصل شده بودند، نشانه‌گذاری شد. برای نورانی شدن حلقه و توپ بسکتبال از نوارهای LED به پهنای ۷ میلی‌متر استفاده شد. فیلم‌برداری از زاویه کنار زمین توسط دوربین کاملاً حرفه‌ای و با دقت بالا در تاریکی کامل سالن انجام گرفت.



شکل ۱- الگودهی نقاط روشن در پرتاب آزاد بسکتبال. الف: نما از جلو (فرونتال)، ب: نما از پهلو (ساجیتال)

در این پژوهش از یک دستگاه محرک جریان الکتریکی oasis pro محصول کمپانی Mind Alive کانادا با شدت یک و نیم میلی‌آمپر استفاده شد. محل قرارگیری الکترود آند (مثبت) توسط متخصص علوم اعصاب طبق سیستم‌های بین‌المللی قرارگیری الکترود EEG ۲۰-۱۰، بر روی قشر پیش‌حرکتی چپ، تعیین و قرار داده شد و الکترود کاتد (منفی) بر روی بازوی سمت مقابل (بازوی راست) بسته شد.

به‌منظور بررسی تأثیر تحریک آندی بر عملکرد حرکتی در گروه تجربی، با توجه به پیشینه تحقیق، شدت تحریک و مدت‌زمان اعمال تحریک بر روی ۱/۵ میلی‌آمپر و به مدت ۲۰ دقیقه تنظیم شد (۳۸). در تحریک ساختگی برای گروه ساختگی، جریان الکتریکی به مدت چند ثانیه در ابتدا صورت گرفت، در نتیجه احساس اولیه در فرد ایجاد می‌شد، اما پس از آن تحریک الکتریکی در زمان باقی‌مانده اِعمال نمی‌شد. الکترودها در هر دو گروه در یک مکان قرار داده شدند و شرکت‌کنندگان در روند مطالعه از اینکه تحت تحریک ساختگی و یا تحریک الکتریکی آندی قرار می‌گیرند، آگاهی نداشتند. اندازه الکترود ۷×۵ سانتی‌متر مربع بود که درون اسفنج آغشته به کلرید سدیم ۰/۹ درصد قرار می‌گرفت تا ضمن افزایش رسانایی جریان الکتریکی، از افزایش حرارت پیشگیری شود. سپس تمام سطح الکترود آندی توسط سر جی فیکس سر، بر روی سر محکم قرار می‌گرفت. به‌طور سنتی tDCS، با توجه به هدف پژوهش و پروتکل کار، بر روی قسمتی از مغز اعمال می‌شود و برون‌ده آن مورد مشاهده قرار می‌گیرد. این شیوه تقریباً در همه تحقیقات مرتبط با tDCS یکسان است. تفاوت پروتکل تحقیق حاضر با پروتکل‌های قبلی در چند مورد است. اولاً، تحقیقات قبلی دریافتند که تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای بر روی قشر پیش‌حرکتی مغز، زمان واکنش را به هنگام اجرا یک آزمون رفتاری ترتیبی تسهیل می‌کند (۱۸). همچنین مطالعه‌ای نشان داد که تحریک جریان مستقیم الکتریکی جمجمه‌ای، اثر تعدیل‌کنندگی نوسانات مغز را در ارتباط با تصور و مشاهده مهارت دارد (۳۸)، در تحقیق حاضر، tDCS بر روی یک مهارت ورزشی واقعی آزمایش شده است. علاوه بر این، tDCS بر روی بخشی از مغز اعمال شده که در تحقیقات قبلی (۳۹،۴۰) عنوان شده است که این منطقه تحت تأثیر مشاهده نقاط نورانی و همچنین مشاهده و تصور حرکت، مورد تحریک قابل‌ملاحظه قرار می‌گیرد.

شکل ۲- تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای بر قشر پیش‌حرکتی

در ابتدا یک پیش‌آزمون از شرکت‌کنندگان از مهارت پرتاب آزاد بسکتبال گرفته شد. جلسات مداخله که به‌صورت ۳ روز متوالی انجام گرفت، شرکت‌کنندگان در ابتدای هر جلسه در اتاقی اختصاصی در کنار باشگاه خانه بسکتبال به مشاهده فیلم الگودهی به روش نقاط نورانی از مهارت‌های اجرا شده پرتاب آزاد توسط بازیکنان تیم ملی از یک صفحه نمایش به‌اندازه ۱/۵ در ۱/۵ متر و به مدت‌زمان ۲ دقیقه با توجه به تحقیقات گذشته (۴۱،۴۲) پرداختند. ورزشکاران به‌صورت انفرادی و در اتاق کاملاً تاریک فیلم را مشاهده کردند. شرکت‌کنندگان گروه تجربی و ساختگی بلافاصله پس از مشاهده الگودهی به روش نقاط نورانی، برای اعمال تحریک الکتریکی مغز برای گروه تجربی و تحریک کاذب برای گروه ساختگی به مدت زمان ۲۰ دقیقه به سمت سالن ورزشی هدایت شدند. در نهایت، پس از تحریک الکتریکی بر قشر پیش‌حرکتی مغز، شرکت‌کنندگان به اجرا آزمون پرتاب آزاد (۱۰ پرتاب) پرداختند و امتیازات ثبت شد (۴۲). پس‌آزمون و پیگیری به ترتیب ۱ و ۷ روز بعد از جلسات مداخله صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری مهارت پرتاب آزاد از آزمون پرتاب آزاد از پشت خط پنالتی استفاده شد. ورزشکار به اجرای ده پرتاب آزاد می‌پرداخت. برای سنجش دقت پرتاب آزاد از مقیاس ۴ ارزشی ایفرد که میزان دقت اجرای مهارت را سنجیده و به شرح زیر است، استفاده شد.

- برای هر توپی که بدون برخورد با حلقه (نت بال) وارد سبد شود، ۳ امتیاز
- توپی که با برخورد به حلقه وارد سبد شود، ۲ امتیاز
- توپی که به حلقه از بالا برخورد کند ولی وارد سبد نشود، ۱ امتیاز
- توپی که به کناره‌های حلقه برخورد کند و وارد سبد نشود و یا بدون برخورد به حلقه درون سبد قرار نگیرد، هیچ امتیازی ثبت نمی‌شود.

برای تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری در دو سطح توصیفی و استنباطی و از آزمون‌های آماری متناسب با مقیاس داده‌ها استفاده شد. در سطح توصیفی از میانگین و انحراف استاندارد و در سطح استنباطی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری، آزمون t مستقل t همبسته استفاده شد. برای کلیه فرضیه‌ها سطح معناداری α =۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها

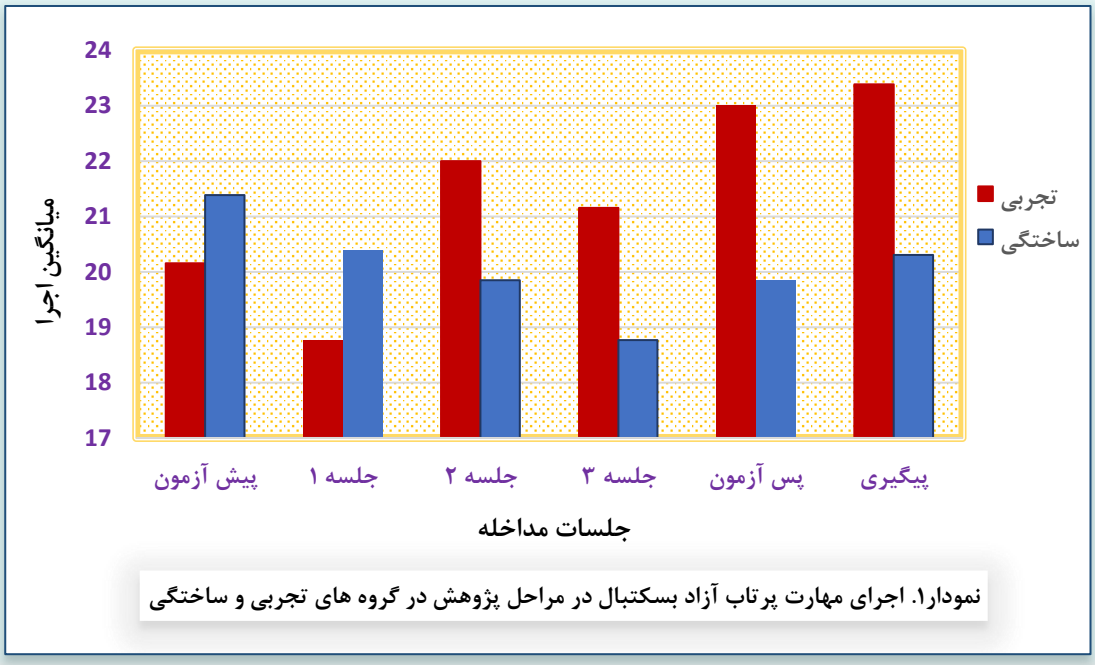
برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. نتایج نشان داد که داده‌ها در تمامی مراحل پژوهش، شامل مراحل پیش از مداخله، مداخله و پس از مداخله در مهارت پرتاب آزاد بسکتبال در گروه‌های تجربی و ساختگی، دارای توزیع طبیعی هستند.

نتایج توصیفی عملکرد شرکت‌کنندگان در تکلیف ملاک در طی مراحل پژوهش

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد مهارت پرتاب آزاد بسکتبال گروه‌های تجربی و ساختگی در مراحل پژوهش

	متغیرها	گروه تجربی		گروه ساختگی	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
پرتاب آزاد	پیش‌آزمون	۲۰/۱۵	۴/۰۹	۲۱/۳۸	۳/۱۵
	جلسه اول مداخله	۱۸/۷۶	۳/۷۸	۲۰/۳۸	۴/۲۱
	جلسه دوم مداخله	۲۲/۰۰	۳/۵۳	۱۹/۸۴	۴/۶۸
	جلسه سوم مداخله	۲۱/۱۵	۳/۱۸	۱۸/۷۶	۴/۷۱
	پس‌آزمون	۲۳/۰۰	۳/۱۶	۱۹/۸۴	۳/۴۱
	آزمون پیگیری	۲۳/۳۸	۳/۵۷	۲۰/۳۰	۳/۰۹

نمودار ۱ میانگین عملکرد مهارت پرتاب آزاد بسکتبال گروه‌های تجربی و ساختگی را در مراحل پژوهش نشان می‌دهد.



نمودار۱. اجرای مهارت پرتاب آزاد بسکتبال در مراحل پژوهش در گروه های تجربی و ساختگی

نتایج استنباطی

نتایج مرحله مداخله

آزمون t مستقل اختلاف معنی‌دار آماری بین دو گروه تجربی و ساختگی از لحاظ میانگین امتیاز عملکرد مهارت پرتاب آزاد بسکتبال در مرحله پیش‌آزمون نشان نداد: P=۰/۳۹۹، t(۲۴)=۰/۸۵۸؛ بنابراین گروه‌ها از لحاظ امتیاز عملکرد مهارت پرتاب آزاد بسکتبال در مرحله پیش‌آزمون همسان هستند. همچنین، آزمون ام-باکس برای بررسی تجانس ماتریس‌های کوواریانس در مرحله مداخله نشان داد که ماتریس‌های کوواریانس دارای تجانس هستند. از طرف دیگر، آزمون موخلی برای بررسی وضعیت کرویت داده‌ها در مرحله مداخله نشان داد که داده‌ها دارای کرویت نیستند؛ بنابراین از تصحیح درجه آزادی گرین هاوس گیسر استفاده شد.

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری بر روی داده‌های گروه‌های تجربی و ساختگی در مرحله مداخله نشان داد که اثر اصلی زمان P=۰/۳۷۷، F(۱/۶۱، ۳۸/۵۵)=۱/۸۱ و اثر تعامل گروه در زمان P=۰/۰۸۱، F(۱/۶۱، ۳۸/۵۵)=۲/۸۴ معنی‌دار نیست. با توجه به اینکه اثر تعامل گروه در زمان معنی‌دار نشد، از آزمون‌های تعقیبی استفاده نگردید.

نتایج مرحله آزمون

قبل از اجرای آزمون آماری، آزمون ام-باکس برای بررسی تجانس ماتریس‌های کوواریانس در مرحله آزمون نشان داد که ماتریس‌های کوواریانس دارای تجانس هستند. همچنین، آزمون موخلی برای بررسی وضعیت کرویت داده‌ها در مرحله آزمون نشان داد که داده‌ها دارای کرویت هستند؛ بنابراین نیازی به استفاده از تصحیح درجه آزادی وجود نداشت.

آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری درون‌آزمودنی بین تفاضل امتیازات پرتاب آزاد بسکتبال در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری برای دو گروه تجربی و ساختگی نشان داد که اثر اصلی زمان معنی‌دار نیست: P=۰/۳۲۵، F(۲، ۴۸)=۱/۱۵ اما اثر تعامل گروه در زمان معنی‌دار است: P=۰/۰۰۴، F(۲، ۴۸)=۶/۱۵ با توجه به معنی‌دار بودن اثر تعامل گروه در زمان، از آزمون‌های زوجی جداگانه برای گروه‌های تجربی و ساختگی جهت تعیین محل معنی‌داری استفاده شد. از آزمون t وابسته برای تعیین محل تفاوت بین مراحل آزمون در دو گروه به‌صورت جداگانه استفاده شد. در گروه تجربی، مقایسه مراحل پیش‌آزمون-پس‌آزمون اختلاف معنی‌دار آماری را نشان داد: P=۰/۰۱۱، t(۱۲)=۳/۰۰۸. این یافته نشان می‌دهد که گروه تجربی بهبود معناداری تحت تأثیر مداخله در پرتاب آزاد بسکتبال کسب نموده‌اند. در حالی که اختلاف بین مراحل پس‌آزمون-پیگیری معنی‌دار نبود: P=۰/۶۸۴، t(۱۲)=۰/۴۱۶. این یافته نشان می‌دهد که نتیجه به‌دست‌آمده در مرحله پس‌آزمون در طی ۷ روز قطع مداخله پابرجا بوده است. در گروه ساختگی، مقایسه مراحل پیش آزمون-پس‌آزمون اختلاف معنی‌دار آماری را نشان نداد: P=۰/۱۰۶، t(۱۲)=۱/۷۴۵. همین‌طور اختلاف بین مراحل پس‌آزمون-پیگیری نیز معنی‌دار نبود: P=۰/۶۴۳، t(۱۲)=۰/۴۷۵.

مقایسه بین گروهی گروه‌های تجربی و ساختگی از لحاظ تفاوت میانگین اجرای پرتاب آزاد بسکتبال در مراحل پس‌آزمون و پیگیری نشان داد که اختلاف میانگین هم در مرحله پس‌آزمون (P=۰/۰۲۲، t(۲۴)=۲/۴۴۴) و هم در مرحله پیگیری (P=۰/۰۲۷، t(۲۴)=۲/۳۴۸) معنی‌دار بود.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، تأثیر ترکیب الگودهی با نقاط نورانی و تحریک الکتریکی مغز بر اجرای مهارت پرتاب آزاد مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد تحریک مستقیم الکتریکی از روی جمجمه به همراه نمایش نقاط نورانی بر اجرای مهارت پرتاب آزاد بسکتبال در مرحله مداخله تأثیر ندارد، اما در مرحله آزمون تأثیر معنادار است. به‌طوری که گروه تجربی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون پیشرفت معنی‌داری داشت؛ ولی گروه ساختگی متحمل تغییر معنادار از مرحله پیش‌آزمون تا پس‌آزمون نشدند. همچنین نتایج نشان داد که هر دو گروه متحمل تغییر معنادار در مرحله پس‌آزمون تا پیگیری نشدند. اختلاف میانگین پرتاب آزاد بین گروه‌های تجربی و ساختگی در مرحله پیش‌آزمون معنادار نبود؛ اما اختلاف میانگین پرتاب آزاد بین گروه‌های تجربی و ساختگی در مرحله پس‌آزمون و هم در آزمون پیگیری معنادار است. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر به‌روشنی می‌توان دریافت که مداخله الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای آندال قشر پیش‌حرکتی به همراه نمایش نقاط نورانی باعث بهبود اجرای مهارت پرتاب آزاد به‌صورت معنی‌دار می‌شود. پس به‌طور کلی می‌توان اذعان نمود که استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی از روی جمجمه موجب بهبودی عملکرد شرکت‌کنندگان در مهارت پرتاب آزاد بسکتبال می‌شود.

بسیاری از پژوهشگران دریافتند که تحریک مستقیم الکتریکی از روی جمجمه باعث بهبود و تسهیل اجرای حرکتی می‌شود. به‌عنوان مثال، در مطالعه انجام‌شده توسط اندروز و همکاران (۴)، تحریک الکتریکی از روی جمجمه در ناحیه قشر پیشانی، بر اجرا یک تکلیف برگشتی شناختی که شامل تکرار حروف رایانه دو بار بازگشت به عقب و به دنبال آن سه بار بازگشت به عقب بود، اثرگذار بوده است. مطالعه کاسکی و همکاران (۱۷) نشان داد که تحریک الکتریکی از روی جمجمه بر قشر پیش‌حرکتی و حرکتی اولیه باعث بهبود کنترل حرکتی در تکلیف راه رفتن بر روی پله متحرک شده است. فلوئل[1] و همکارانش (۴۳) دریافتند که تحریک الکتریکی ناحیه قشر آهیانه‌ای گیجگاهی بر بهبود پارامترهای یادگیری حرکتی تأثیرگذار بوده است. در تحقیق کان و چو (۲۱) نیز نشان داده شد که تحریک الکتریکی در قشر حسی- حرکتی مغز باعث هماهنگی در اجرا یک تکلیف ضربه زدن ساده شد. وید و هاموند (۱۸) دریافتند که تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای بر روی قشر پیش‌حرکتی مغز، زمان واکنش را هنگام اجرای یک آزمون رفتاری ترتیبی تسهیل می‌کند. نتایج پژوهش محمودی فر[2] و همکاران (۱۰) نشان داد که تحریک الکتریکی مغز بر ناحیه حرکتی اولیه، تأثیر معناداری بر مهارت‌های حرکتی ظریف در کودکان مبتلا به اوتیسم دارد. آریاس و همکاران (۱۹) در پژوهش خود به بررسی اثر تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای قشر حرکتی اولیه بر یک تکلیف هدف‌گرا سریع بازو، در یک پروتکل زمان واکنش پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تحریک الکتریکی مغز، زمان پیش‌حرکتی و خستگی را طی اجرای تکالیف حرکتی سریع به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. همچنین، شیرازی و همکاران (۲۰) دریافتند که تحریک الکتریکی جمجمه در ناحیه حرکتی اولیه بر بهبود اجرای مهارت دریبل فوتسال موثر بود. شرکت‌کنندگان در پژوهش شامل ۲۶ نفر بازیکن پسر ماهر فوتسال (میانگین سنی ۱۹/۸۲ سال) بودند که به‌صورت تصادفی به دو گروه تجربی و ساختگی تقسیم شدند. شرکت‌کنندگان در گروه تجربی بعد از انجام پیش‌آزمون به مدت ۲۰ دقیقه تحت تحریک جریان مستقیم الکتریکی آندی از روی جمجمه بر قشر حرکتی اولیه قرار گرفتند، درحالی که شرکت‌کنندگان گروه ساختگی تحریک ساختگی دریافت نمودند. بعد از دریافت مداخله، شرکت‌کنندگان هر دو گروه به اجرای مهارت‌های منتخب فوتسال پرداختند. نتایج نشان داد که تحریک جریان مستقیم الکتریکی آندی بر قشر حرکتی اولیه باعث

1. Flöel
2. Mahmoodifar

ایجاد اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های تجربی و ساختگی در مهارت پنالتی (ثابت و متحرک) نشد. درحالی که اِعمال تحریک آندال در گروه تجربی در مهارت دریبل باعث بهبود عملکرد شد. آن‌ها دریافتند که تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه ممکن است به‌عنوان یک مداخله مفید برای اجرای مهارت‌های با ماهیت باز و مداوم در فوتسال مورد توجه قرار گیرد. علیرغم اینکه در بسیاری از مطالعات انجام‌شده تحریک مستقیم الکتریکی از روی جمجمه بر بهبود و تسهیل اجراهای حرکتی تأثیرگذار بوده، برخی از پژوهشگران دریافتند که تحریک الکتریکی مغز تأثیری بر بهبود عملکرد حرکتی ندارد. به‌عنوان نمونه، در مطالعه کانگ و پایک[1] (۴۴) بیان می‌شود که تحریک الکتریکی قشر حرکتی اولیه در دو طرف نیم‌کره تفاوتی در اجرای حرکتی یک تکلیف ترتیبی با انگشتان و یادگیری حرکتی ضمنی نسبت به تحریک الکتریکی یک‌طرفه قشر حرکتی ندارد. نتایج پژوهش‌های انجام شده با نتایج مهارت پرتاب آزاد پژوهش حاضر ناهمخوان هستند. البته لازم به ذکر است ناحیه متفاوت تحریک الکتریکی مغز، تفاوت در نوع مهارت‌های انجام شده و همچنین تعداد جلسات کمتر استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی جمجمه‌ای در مطالعات انجام شده، می‌تواند از دلایل احتمالی عدم همخوانی با پژوهش حاضر باشد. همچنین، یافته‌های پژوهش حاضر در مورد اثر معنی‌دار این پروتکل تمرینی بر آزمون پیگیری تکلیف حرکتی را می‌توان با نتایج تحقیق ریس[2] و همکاران (۱۶)، کایچانسکی و کایرتون[3] (۲۲)، واترز متنییر[4] و همکاران (۴۵) هم‌خوان دانست که بر تحکیم اثرات تحریک الکتریکی مستقیم فرا جمجمه‌ای در اجرای تکلیف حرکتی، بیش از ۴ هفته پس از تحریک اشاره داشته‌اند.

در تحقیقات انجام شده، به دلایل احتمالی اثرگذاری تحریک الکتریکی آندی مغز بر بهبود اجراهای حرکتی، به تعدیل تحریک‌پذیری قشری-حرکتی، شکل‌پذیری قشری و همچنین پتانسیل‌های برانگیخته‌ی حرکتی که در ناحیه‌ی تحت الکترود آند تسهیل شده، اشاره شده است (۲۴-۲۲، ۱۹). نقش tDCS در افزایش تحریک‌پذیری می‌تواند گسترده باشد. فعال‌سازی هم‌زمان سیناپسی که به‌واسطه تمرین حرکتی به وجود می‌آید، می‌تواند از طریق ویژگی سیناپسی[5] به پیشرفت‌هایی در عملکرد منجر شود. بنابراین tDCS آندی تحریک‌پذیری عصبی را در یک شبکه قشری گسترده افزایش داده است (۱۱). بهبود در اجرای مهارت پرتاب آزاد بسکتبال که منجر به افزایش یادگیری در مهارت‌های هدف‌گیری شد، نشان‌دهنده تقویت مناسب تغییرات سیناپسی بوده است. عبدالمولی[6] و همکاران (۲۵) بیان کردند که در زمان اِعمال تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه بر روی منطقه حرکتی، هم‌زمان با این ناحیه، ناحیه حسی-حرکتی نیز دچار تحریک شده است. از آنجایی که ناحیه حسی-حرکتی وظیفه دریافت و پردازش اطلاعات و احساسات از محیط را بر عهده دارد، می‌توان این‌گونه برداشت کرد که احتمالاً آثار تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای بر روی نواحی مجاور با تأثیرگذاری بر یکپارچگی حسی-حرکتی، باعث بهبود اجرای حرکتی شده است. دی زورای[7] و همکاران (۴۸) نشان دادند که فرایندی که انعطاف‌پذیری M_1 را تعدیل می‌کند، بر ارتباط بین خطاهای حس عمقی و فرمان‌های حرکتی تأثیر می‌گذارد و تعمیم الگوهای حرکتی را در هماهنگی‌های درونی مفاصل و عضلات افزایش می‌دهد. بنابراین، ترکیب اثرات tDCS که بر فرایندهای درونی و عصبی یادگیری حرکتی اثرگذار است، همراه با نمایش نقاط نورانی که الگوهای حرکتی را از طریق اثرگذاری بر مشاهدات شناختی و بیرونی بهبود می‌دهد،

1. Kang & Paik
2. Reis
3. Ciechanski & Kirton
4. Waters-Metenier
5. Synaptic Specificity
6. Abdelmoula
7. de Xivry

یادگیری حرکتی را مضاعف می‌نماید. tDCS حتی تحریک‌پذیری سیستم‌های نخاعی درگیر در یکپارچگی حسی حرکتی (برونده گیرنده‌های حسی اندام از عضلات، پوست و مفاصل) را تغییر می‌دهد تا بازده حرکتی را تعدیل نماید (۱۷). شواهدی نیز افزایش فعال‌سازی در M_1 و ناحیه حرکتی مکمل (SMA) در نتیجه استفاده از tDCS آندی در افراد سالم را نشان می‌دهد (۲۷)؛ که منجر به افزایش در دامنه پتانسیل برانگیخته حرکتی[1] (MEP_S) (۴۹) می‌گردد. دی زورای و همکاران (۴۸)، عنوان کردند که tDCS (صرف‌نظر از قطبیت آن) بر روی M_1 تقویت سیناپسی را افزایش می‌دهد و منجر به یادگیری می‌شود؛ همچنین در طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی[2] (MRS) کاهش غلظت گابا[3] (GABA) دررنتیجه‌ی اعمال هر دو tDCS آندی و کاتدی مشاهده شده است (۲۷). در مطالعه رنییری[4] و همکاران (۲۶) نشان داده شد که تحریک الکتریکی آندی می‌تواند با افزایش فعالیت پیش سیناپسی همراه با دپولاریزه کردن پس سیناپسی[5] موجب مکانیسم پتانسیل بلندمدت[6] (LTP) شود. میدان الکتریکی ایجاد شده توسط tDCS سبب جابه‌جایی مولکول‌های قطبی و بیشتر انتقال‌دهنده‌های عصبی و گیرنده‌ها در این نواحی مغزی می‌شود و یادگیری تکلیف حرکتی را با بهبود فعالیت این نواحی افزایش می‌دهد. tDCS همچنین می‌تواند با ایجاد تغییرات عصبی-شیمیایی طولانی‌مدت، فعالیت نورونی را تحت تأثیر قرار دهد (۲۷).

شاید بتوان بهبود اجرای مهارت پرتاب آزاد در گروه دریافت‌کننده tDCS واقعی را از منظر حافظه کاری مورد بحث قرارداد. نیسیم و همکاران (۵۰) نشان دادند که tDCS می‌تواند حافظه کاری را، به‌خصوص وقتی با یک مؤلفه شناختی جفت شود، بهبود بخشد. از طرف دیگر، مارول و همکاران (۵۱) دریافتند که حافظه کاری و سیستم حرکتی می‌توانند یکپارچه شوند. به خاطر همین یکپارچگی، این امکان وجود دارد که بهبود در حافظه کاری منجر به بهبود در اجرای حرکتی شود. با توجه به اینکه در پژوهش هم از مشاهده نقاط روشن و هم tDCS به‌عنوان مداخله استفاده شد، شاید بتوان این احتمال را مطرح نمود که جفت شدن دو مداخله پژوهش حاضر یعنی tDCS به‌عنوان یک مداخله عصبی و مشاهده نقاط نورانی به‌عنوان یک مداخله با بار شناختی، حافظه کاری را بهبود بخشیده‌اند و روند یکپارچگی حافظه کاری با سیستم حرکتی را تسهیل کرده‌اند. احتمالاً این بهبود و یا تسهیل در یکپارچگی حافظه کاری با سیستم حرکتی خود را در اجرای بهتر مهارت ورزشی نشان داده است.

نتیجه‌گیری کلی

با یک نگاه کلی به یافته‌های پژوهش، هم در مرحله مداخله و هم مرحله آزمون، به‌روشنی نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگانی که همراه با الگودهی نقاط روشن، تحریک مستقیم الکتریکی واقعی دریافت کرده بودند، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بهتر از گروهی که همراه با الگودهی نقاط روشن، تحریک الکتریکی کاذب دریافت کرده بودند، در اجرای مهارت‌های بسکتبال عمل کردند این برتری در بیشتر موارد معنی‌دار بود. به‌طورکلی، نتیجه این تحقیق نشان داد که تحریک الکتریکی از روی جمجمه همراه با الگودهی نقاط روشن منجر به بهبود اجرای مهارت‌های اساسی بسکتبال خواهد شد.

تشکر و قدردانی

1. Motor Evoked Potentials
2. Magnetic Resonance Spectroscopy (MRS)
3. Gama Amino Butyric acid (GABA)
4. Ranieri
5. Postsynaptic Depolarization
6. Long-Term Potentiation

از مسئولین هیئت بسکتبال شهر اصفهان و شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر، بی‌نهایت سپاسگزاریم.

منابع

1. Schmidt RA, Wrisberg CA. Motor learning and performance: A situation-based learning approach. Human kinetics; 2008.
2. Lane AM, editor. Sport and exercise psychology. Routledge; 2015 Aug 26.
3. Kalhornia Golkar M, Soleimani A, Aq AS. transcranial direct current stimulation. Tehran: Science and Culture publication. (2017). (In Persian)
4. Andrews SC, Hoy KE, Enticott PG, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. Brain stimulation. 2011 Apr 1; 4(2):84-9.
5. Manenti R, Brambilla M, Petesi M, Ferrari C, Cotelli M. Enhancing verbal episodic memory in older and young subjects after non-invasive brain stimulation. Frontiers in aging neuroscience. 2013 Sep 11; 5:49.
6. Antal A, Nitsche MA, Kincses TZ, Kruse W, Hoffmann KP, Paulus W. Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans. European Journal of Neuroscience. 2004 May; 19(10):2888-92.
7. Vines BW, Nair DG, Schlaug G. Contralateral and ipsilateral motor effects after transcranial direct current stimulation. Neuroreport. 2006 Apr 24; 17(6):671-4.
8. D'Urso G, Bruzzese D, Ferrucci R, Priori A, Pascotto A, Galderisi S, Altamura AC, Bravaccio C. Transcranial direct current stimulation for hyperactivity and noncompliance in autistic disorder. The World Journal of Biological Psychiatry. 2015 Jul 4; 16(5):361-6.
9. Schneider HD, Hopp JP. The use of the Bilingual Aphasia Test for assessment and transcranial direct current stimulation to modulate language acquisition in minimally verbal children with autism. Clinical linguistics & phonetics. 2011 Jun 1; 25(6-7):640-54.
10. Mahmoodifar E, Movahedi A. R, Arabameri E, Faramarzi S. The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation and Selective Motor Training on Gross Motor Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. Motor Behavior. Summer 2018; 10 (32): 79-96. (In Persian)
11. Kaski D, Dominguez RO, Allum JH, Bronstein AM. Improving gait and balance in patients with leukoaraiosis using transcranial direct current stimulation and physical training: an exploratory study. Neurorehabilitation and neural repair. 2013 Nov; 27(9):864-71.
12. Duarte ND, Grecco LA, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effect of transcranial direct-current stimulation combined with treadmill training on balance and functional performance in children with cerebral palsy: a double-blind randomized controlled trial. PloS one. 2014 Aug 29; 9(8):e105777.
13. Reis J, Fritsch B. Modulation of motor performance and motor learning by transcranial direct current stimulation. Current opinion in neurology. 2011 Dec 1; 24(6):590-6.
14. Tanaka S, Sandrini M, Cohen LG. Modulation of motor learning and memory formation by non-invasive cortical stimulation of the primary motor cortex. Neuropsychological rehabilitation. 2011 Oct 1; 21(5):650-75.
15. Galea JM, Celnik P. Brain polarization enhances the formation and retention of motor memories. Journal of neurophysiology. 2009 Jul; 102(1):294-301.
16. Reis J, Schambra HM, Cohen LG, Buch ER, Fritsch B, Zarahn E, Celnik PA, Krakauer JW. Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009 Feb 3; 106(5):1590-5.
17. Kaski D, Quadir S, Patel M, Yousif N, Bronstein AM. Enhanced locomotor adaptation aftereffect in the "broken escalator" phenomenon using anodal tDCS. Journal of neurophysiology. 2012 Feb 8; 107(9):2493-505.

18. Wade S, Hammond G. Anodal transcranial direct current stimulation over premotor cortex facilitates observational learning of a motor sequence. European Journal of Neuroscience. 2015 Jun; 41(12):1597-602.
19. Arias P, Corral-Bergantiños Y, Robles-García V, Madrid A, Oliviero A, Cudeiro J. Bilateral tDCS on primary motor cortex: effects on fast arm reaching tasks. PloS one. 2016 Aug 4; 11(8):e0160063.
20. Shirazi S. The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Performance of Sport Skill، Master's Degree in Motivational Behavior. University of Isfahan; (2018). (In Persian)
21. Kwon YH, Cho JS. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Movement Variability in Repetitive-Simple Tapping Task. The Journal of Korean Physical Therapy. 2015 Feb 27; 27(1):38-42.
22. Ciechanski P, Kirton A. Transcranial direct-current stimulation (tDCS): principles and emerging applications in children. InPediatric Brain Stimulation 2016 Jan 1 (pp. 85-115). Academic Press.
23. Koyama S, Tanaka S, Tanabe S, Sadato N. Dual-hemisphere transcranial direct current stimulation over primary motor cortex enhances consolidation of a ballistic thumb movement. Neuroscience letters. 2015 Feb 19; 588:49-53.
24. Doppelmayr M, Pixa NH, Steinberg F. Cerebellar, but not motor or parietal, high-density anodal transcranial direct current stimulation facilitates motor adaptation. Journal of the International Neuropsychological Society. 2016 Oct; 22(9):928-36.
25. Abdelmoula A, Baudry S, Duchateau J. Anodal transcranial direct current stimulation enhances time to task failure of a submaximal contraction of elbow flexors without changing corticospinal excitability. Neuroscience. 2016 May 13; 322:94-103.
26. Ranieri F, Podda MV, Riccardi E, Frisullo G, Dileone M, Profice P, Pilato F, Di Lazzaro V, Grassi C. Modulation of LTP at rat hippocampal CA3-CA1 synapses by direct current stimulation. Journal of neurophysiology. 2012 Jan 11; 107(7):1868-80.
27. Stagg CJ, O'shea J, Kincses ZT, Woolrich M, Matthews PM, Johansen-Berg H. Modulation of movement-associated cortical activation by transcranial direct current stimulation. European Journal of Neuroscience. 2009 Oct; 30(7):1412-23.
28. Johansson G. Visual perception of biological motion and a model for its analysis. Perception & psychophysics. 1973 Jun 1; 14(2):201-11.
29. Bandura A. Theoretical perspectives. Self-efficacy: The exercise of control. 1997:1-35.
30. Brown LE, Wilson ET, Obhi SS, Gribble PL. Effect of trial order and error magnitude on motor learning by observing. Journal of neurophysiology. 2010 Jul 14; 104(3):1409-16.
31. Cross ES, Kraemer DJ, Hamilton AF, Kelley WM, Grafton ST. Sensitivity of the action observation network to physical and observational learning. Cerebral cortex. 2008 May 30; 19(2):315-26.
32. Dushanova J, Donoghue J. Neurons in primary motor cortex engaged during action observation. European Journal of Neuroscience. 2010 Jan; 31(2):386-98.
33. Grezes J, Fonlupt P, Bertenthal B, Delon-Martin C, Segebarth C, Decety J. Does perception of biological motion rely on specific brain regions? Neuroimage. 2001 May 1; 13(5):775-85.
34. Vaina LM, Solomon J, Chowdhury S, Sinha P, Belliveau JW. Functional neuroanatomy of biological motion perception in humans. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2001 Sep 25; 98(20):11656-61.
35. Beauchamp MS, Lee KE, Haxby JV, Martin A. FMRI responses to video and point-light displays of moving humans and manipulable objects. Journal of cognitive neuroscience. 2003 Oct 1; 15(7):991-1001.
36. Puce A, Perrett D. Electrophysiology and brain imaging of biological motion. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 2003 Feb 19; 358(1431):435-45.
37. Grèzes J, Armony JL, Rowe J, Passingham RE. Activations related to "mirror" and "canonical" neurones in the human brain: an fMRI study. Neuroimage. 2003 Apr 1; 18(4):928-37.
38. Lapenta OM, Minati L, Fregni F, Boggio PS. Je pense donc je fais: transcranial direct current stimulation modulates brain oscillations associated with motor imagery and movement observation. Frontiers in human neuroscience. 2013 Jun 6; 7:256.

39. Saygin AP, Wilson SM, Hagler DJ, Bates E, Sereno MI. Point-light biological motion perception activates human premotor cortex. Journal of Neuroscience. 2004 Jul 7; 24(27):6181-8.
40. NEURALLY CA. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. Neuroimage. 2001; 14: S103-9.
41. Pirmoradian M, Movahedi A. R, Bahram A, A Comparative Study on the Effectiveness of Video Modeling and Video Self‐modeling on Interventions on Learning of Basketball Free Throws in Children with Intellectual Disabilities.
42. Amirtash A. M, Jalali Sh, Zia Azizi F, Comparison of effect of skilled, non-skilled and point-light technique model on learning and performance of basketball shot, *Journal of Research in Sport Management & Motor Behavior*, 2015; 4(7): 17. magiran.com/p1386869
43. Flöel A, Suttorp W, Kohl O, Kürten J, Lohmann H, Breitenstein C, Knecht S. Non-invasive brain stimulation improves object-location learning in the elderly. Neurobiology of aging. 2012 Aug 1; 33(8):1682-9.
44. Kang EK, Paik NJ. Effect of a tDCS electrode montage on implicit motor sequence learning in healthy subjects. Experimental & translational stroke medicine. 2011 Dec; 3(1):4.
45. Waters-Metenier S, Husain M, Wiestler T, Diedrichsen J. Bihemispheric transcranial direct current stimulation enhances effector-independent representations of motor synergy and sequence learning. Journal of Neuroscience. 2014 Jan 15; 34(3):1037-50.
46. Cantarero G, Spampinato D, Reis J, Ajagbe L, Thompson T, Kulkarni K, Celnik P. Cerebellar direct current stimulation enhances on-line motor skill acquisition through an effect on accuracy. Journal of Neuroscience. 2015 Feb 18; 35(7):3285-90.
47. Doppelmayr M, Pixa NH, Steinberg F. Cerebellar, but not motor or parietal, high-density anodal transcranial direct current stimulation facilitates motor adaptation. Journal of the International Neuropsychological Society. 2016 Oct; 22(9):928-36.
48. de Xivry JJ, Marko MK, Pekny SE, Pastor D, Izawa J, Celnik P, Shadmehr R. Stimulation of the human motor cortex alters generalization patterns of motor learning. Journal of Neuroscience. 2011 May 11; 31(19):7102-10.
49. Miyaguchi S, Onishi H, Kojima S, Sugawara K, Tsubaki A, Kirimoto H, Tamaki H, Yamamoto N. Corticomotor excitability induced by anodal transcranial direct current stimulation with and without non-exhaustive movement. Brain research. 2013 Sep 5; 1529:83-91.
50. Nissim NR, O'Shea A, Indahlastari A, Kraft JN, Von Mering O, Aksu S, Porges E, Cohen R, Woods AJ. Effects of transcranial direct current stimulation paired with cognitive training on functional connectivity of the working memory network in older adults. Frontiers in Aging Neuroscience. 2019; 11:340.
51. Marvel CL, Morgan OE, Kronemer SI. How the motor system integrates with working memory. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2019 Apr 27.